Pulp and Paper EEM Program
Recommendations for Cycle 3: Reporting and Guidance

Prepared by the National EEM Office
Environment Canada

June 2002

Pulp and Paper EEM Program
Recommendations for Cycle 3: Reporting and Guidance
Prepared by the National EEM Office, May 2002

EEM is a science based program. In order to keep the EEM program focused and manageable, scientific monitoring methods and approaches must be cost-effective, scientifically defensible, and environmentally relevant. Experience gained through program implementation (i.e. completing the EEM field studies and analyzing data) will result in continuous improvements to the program. As well, external research initiatives conducted to respond to monitoring issues contribute to the development of new EEM methods.

The recommendations presented in this document are based on the most recent information stemming from the review of the program and are meant to re-emphasize important recommendations in existing EEM guidance. Moreover, new information resulting from the major multistakeholder consultation that took place over recent years to develop an EEM program for the metal mining sector is integrated here. This information is being made available now to mills and their consultants to help further improve study design development and the subsequent generation of scientifically defensible and interpretable data. Although not all of this information is currently part of mandatory requirements under the PPER, it is considered to be the best available science and represents generally accepted standards of good scientific practices to help meet the EEM requirements. The use of the Pulp and Paper Technical Guidance Document (TGD) remains highly recommended.

Although the current regulations remain in effect for Cycle 3, the recommendations presented in this document are meant to prepare mills for the upcoming regulatory amendments that are expected to take effect for Cycle 4. Mills are encouraged to take advantage of new and additional relevant guidance presented in the Metal Mining Document to ensure that they continue to collect good EEM data. In fact, many of the references recommended in this document direct EEM practitioners to the MM Guidance Document. This guidance will be incorporated in an updated version of the Pulp and Paper TGD. In addition, the amended regulation will require that all mills conduct some form of effect assessment. Therefore, mills could begin making use of guidance such as alternative methods in preparation for Cycle 4.

Biological Monitoring

Fish Survey

1. **Effect endpoints:** Effects on growth, reproduction, condition and survival of the fish population need to be determined in order to answer the question

"has the fish population been modified by effluent?". These parameters are evaluated using information collected on the following endpoints: age, size-at-age (body weight against age); relative gonad size (gonad weight against body weight), condition (body weight against length) and relative liver size (liver weight against body weight). Other endpoints can be measured as supporting data to gather further information on energy use and storage. For further information, please refer to sections 4.3.2.2 and 4.4 of the Fish Monitoring Chapter (Chapter 4) and section 9.2.1 of the Data interpretation chapter (Chapter 9) of the Metal Mining EEM Guidance Document.

Benthic Invertebrate Survey

1. **Effect endpoints:** The benthic invertebrate community measurements that are strongly recommended to be calculated, reported and used as endpoints in the determination of effects include: total invertebrate density, taxa richness, Simpson's evenness index ($E_{1/D}$)[1] and the Bray-Curtis index of dissimilarity (change in community composition relative to reference communities). Traditionally, Simpson's Diversity Index has been used as one of the core endpoints due to its long history of use and its ability to capture changes in both taxa richness and evenness within the same index. However, the National EEM Assessment[2] shows that this combination of richness and evenness can also be a weakness. The Assessment shows that the diversity endpoint yields little additional information to what was captured by taxa richness. In contrast, Simpson's evenness has been shown to measure important aspects of community structure independent of and in addition to information stemming from taxa richness. Overall, the National EEM Assessment is showing that reporting Simpson's evenness index has greater value than the Simpson's diversity index, as long as taxa richness is also reported. Information on how to calculate Simpson's evenness index ($E_{1/D}$) can be found in Smith and Wilson 1996[3].

Additional community descriptors to help interpret results include Simpson's diversity index, taxon density, taxon proportion, taxon presence/absence. These benthic invertebrate community descriptors are largely summary metrics selected to encompass the range of effects which may be a result of pulp and paper mill effluents. Detailed and up to date guidance on the calculation and reporting of benthic invertebrate community descriptors can be found in section 5.18 of the Benthic invertebrates chapter (Chapter 5) and section 9.2.3 of the Data Assessment Guidance Chapter (Chapter 9) of the Metal Mining EEM Guidance Document.

---

[1] Smith B, Wilson JB. 1996. A Consumer's Guide to Evenness Indices. Oikos. Vol 76 pp. 70-82

[2] Environment Canada. 2002. National Assessment of the Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring Program. Draft Document. Ottawa.

[3] Smith B, Wilson JB. 1996. A Consumer's Guide to Evenness Indices. Oikos. Vol 76 pp. 70-82

2. **Laboratory sample sorting and subsampling:** A review of Cycle 2 processing protocols and QA/QC issues has been completed. Revised guidance for laboratory sample sorting and subsampling protocols has been developed and is currently available in English only via the National EEM Office. Comments on this document are welcome. In summary, details on the sub-sampling method employed should be reported including the sorting efficiency and sub-sampling error (accuracy, precision and correction factors). QA/QC acceptance criteria are suggested and detailed methods are provided. This document provides an additional level of detail to the current guidance, specifically pertaining to Sections 6.2.2 in the Pulp and Paper TGD and section 5.22 of the Benthic Invertebrates chapter (Chapter 5) of the Metal Mining EEM Guidance Document.

3. **Gradient designs and statistical analysis:** Gradient designs are often used in cases where no suitable reference areas are available upstream or in adjacent watersheds or bays. They are also useful for determining how far along an effluent path or effects are observed. In addition to power analysis determination of sample size requirements, it is recommended that at least 15 stations be sampled, placing more emphasis on sample replication at each extremity of the gradient. Moreover, emphasis should be placed on extending the gradient sufficiently far from the mill (as much as is feasible) to allow sampling of stations that are as minimally impacted as possible (and to serve as approximate "reference" stations). Further and updated guidance on simple gradient and radial gradient designs can be found in section 5.6 of the Benthic invertebrates chapter (Chapter 5) and details on the appropriate data statistical procedures see section 9.2.3 of the chapter on Data Assessment (Chapter 9) of the Metal Mining EEM Guidance Document.

<u>Alternative Methods for Fish and Benthos</u>

1. In situations where a traditional fish survey or benthic invertebrate community survey cannot be conducted, provides only minimal useful information or may not be cost effective, mills are encouraged to use an alternative method such as mesocosms, caged bivalves (fish survey only) or a relevant alternative approved by the AO (or the regional coordinator). Examples of such situations include: hazardous sampling conditions or the presence of confounding influences leading to an inability to measure the effect of effluent on fish. These methods are introduced in section 4.3.2.4 of the Fish Monitoring Chapter (Chapter 4) and section 5.7 of the Benthic Invertebrate Community Survey chapter (Chapter 5) and are described in detail in Chapter 12 of the Metal Mining Guidance Document.

Supporting Environmental measurements

1. **Nutrients:** A recent detailed National analysis of P&P EEM Cycle 2 data (draft in preparation) data indicates that nutrient enrichment is occurring at some pulp and paper mills. In order to continue to provide nationally consistent and interpretable information on nutrients and their potential impacts on the aquatic environment, it is recommended that the water samples be collected at all freshwater fish and benthic sampling areas and that sediment samples be collected at all freshwater benthic sampling areas with soft sediment. The following variables should be measured during freshwater quality monitoring :
    - Phosphorus: Total Phosphorus (TP) and
        (1) Soluble Reactive Phosphorous (SRP) and/or
        (2) Total Dissolved Phosphorous (TDP);
    - Nitrogen: Total Nitrogen (TN) and
        (3) Nitrite-Nitrate NO2-NO3 and Amonia NH4, and/or
        (4) Total Kjeldahl NitrogenTKN;
    - Carbon: Dissolved organic carbon (DOC) and Total Organic Carbon (TOC)

At the minimum, it is strongly recommended that TP, TN, DOC and TOC be measured. These recommendations are based on the current Pulp and Paper TGD and regulations (Annex 1 to EEM/1991/1) with some additional information regarding sampling in Chapters 6 and 7 of the Metal Mining Guidance Document. Some variables have been modified from being recommended on a site-specific basis to being recommended at all sites based on the results of the National EEM Assessment.

Data Assessment and Reporting information

1. **Graphical and tabular representation of data:** Scatter plots for fish and benthic invertebrate surveys in the interpretative report help identify outliers and other unusual data. For example, when reproductive endpoints are analyzed for fish, the plots aid in identifying potential "immature" fish which could affect the results. An example of the type of scatter plot recommended is provided in Annex A (Figure 3 for relative liver size). This graphical representation of the data in combination with summary statistics (below) and information about the sampling areas/stations will be used to analyse trends concerning improvements or degradation of the state of the aquatic environment in question. Additional guidance is available in section 4.22.5 of the Fish Monitoring chapter (Chapter 4), section 5.16.1.2 of the Benthic Invertebrate chapter (Chapter 5) and various sections of the Data Assessment chapter of the Pulp and Paper Technical Guidance Document (or Chapter 9 of the Metal Mining Guidance Document). Annex A also provides a flow chart (Figure A) of the various processes data should go through for fish

and benthic endpoints, as well as some examples of tabular and graphical presentation of statistical data for each endpoint and for summaries Figures 1 to 5 and Tables 1 to 9).

2. **Summary statistics:** Summary statistics for the fish and benthic surveys should be calculated and reported based on the data collected. These include: arithmetic mean, median, standard deviation, standard error and minimum and maximum values. Examples of summary statistics are provided in Annex A (Tables 1 to 9). Most of these calculations are required under the new MMER and will eventually be added to the PPER requirements as well.

a) The statistical power of the fish and benthic surveys should be calculated to see if expected power to detect the predetermined effect size was achieved. In addition, these calculations should be used to make sample size recommendations for the subsequent monitoring study.

b) Practitioners are encouraged to set *alpha* and *beta* equal to one another at 0.10 or less to reduce the probability of missing important effects (low *beta*), while maintaining a low probability of finding significant differences when effects are minimal (low *alpha*). In most cases, setting both alpha and beta to 0.10 will result in sample sizes similar to those in Cycle 2. However, both *alpha* and *beta* can be reduced to 0.05 (the traditional level for *alpha*), if sample size is increased accordingly, as determined by the power analysis. Again, these recommendations are to help ensure that studies are designed to provide a reasonably high probability of statistically detecting a predetermined effect size if it has occurred, i.e. the power of the test (1-*beta*) should be high.

Detailed guidance on the power analysis can be found in section 5.11 of the Benthic Invertebrate chapter (Chapter 5), section 4.3.2.2.3 of the Fish Monitoring chapter (Chapter 4) and section 9.3 of the Data Assessment chapter of the Pulp and Paper Technical Guidance Document.

3. A summary of qualitative observations on the improvements or degradation since the last cycle should be reported as well as any changes in sampling areas, species, methods, etc.

4. Location of fish and benthos sampling areas should be reported as latitude and longitude and measured by DGPS and in case of benthos, the location of sampling stations should also be identified.

5. An estimate of effluent dilution and distance from the outfall should be reported at each sampling area and station. Mills should report the distance between the center of the sampling area and the effluent outfall. For benthos, this estimate should be done for each benthic invertebrate station regardless of the study design used.

6. Information related to data analysis should be reported including ANOVA, ANCOVA and regression results, a narrative description of confounding factors and steps taken in data screening and transformation.

ANNEX A

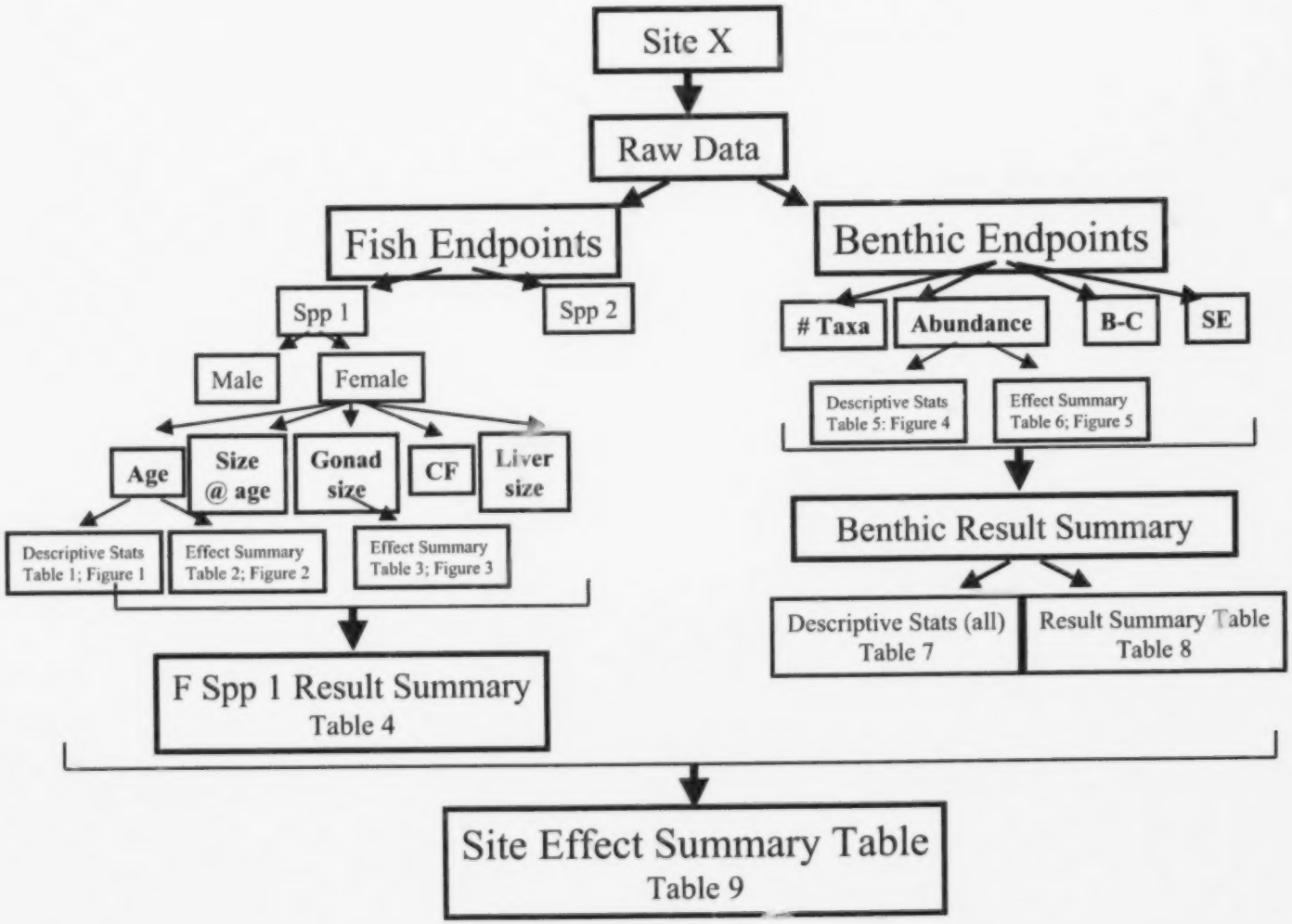
List and Explanation of Figures:

Figure A – Decisional Flow Chart outlining the various processes data should go through for fish and benthic endpoints and linking these to tabular and graphical examples present in this Annex

Figure 1 – Box plots of Descriptive Statistics for Age by Fish Species and Sex
Figure 2 – Effect summary of Mean Age of Fish Taken from Reference and Exposure areas as well as standard error
Figure 3 – Linear Regression of Fish Liver Weight at Body Weight as an example of Effect Summary for Liver weight or gonad size
Figure 4 – Descriptive Statistics for Benthic Invertebrate Total Abundance using a Control/Impact Design
Figure 5 – Effect Summary for Benthic Invertebrate Total Abundance using a Control/Impact Design
Figure 6 – Descriptive Statistics for Benthic Invertebrate Total Abundance using a Simple Gradient Design

List of Tables:

Table 1 – Descriptive Statistics for Age by Fish Species and Sex
Table 2 – Effect Summary Based on ANOVA Results for Fish Age by Species and Sex
Table 3 -- Effect Summary Based on ANCOVA Results for Liver Weight at Body Weight by Sex and by Species
Table 4 – Fish Result Summary Table.
Table 5 – Descriptive Statistics for Total Benthic Invertebrate Abundance
Table 6 – Descriptive Statistics based on ANOVA Results for Benthic Invertebrate Total Abundance
Table 7 – Summary of all Benthic Invertebrate Descriptive Statistics
Table 8 – Summary Table of all Benthic invertebrate Results
Table 9 – Overall Summary of site effects


Site X
Raw Data
Fish Endpoints
Benthic Endpoints
Spp 1
Spp 2
Taxa
Abundance
B-C
SE
Male
Female
Descriptive Stats Table 5: Figure 4
Effect Summary Table 6; Figure 5
Age
Size @ age
Gonad size
CF
Liver size
Descriptive Stats Table 1; Figure 1
Effect Summary Table 2; Figure 2
Effect Summary Table 3; Figure 3
Benthic Result Summary
Descriptive Stats (all) Table 7
Result Summary Table Table 8
F Spp 1 Result Summary Table 4
Site Effect Summary Table Table 9

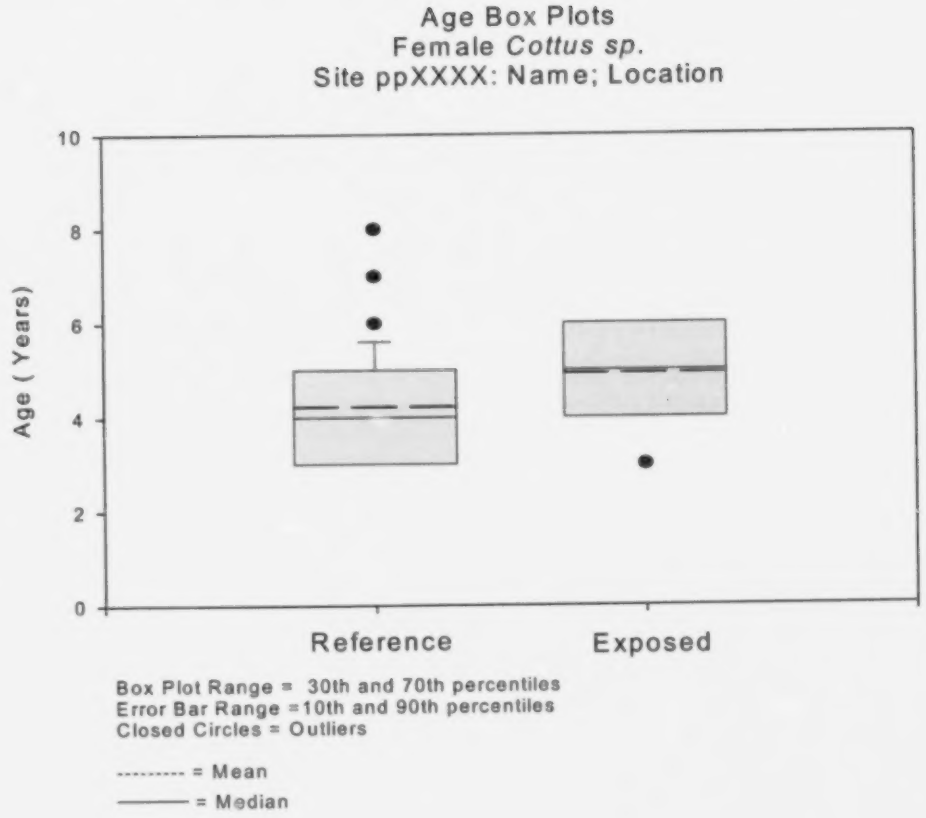


Figure 1: Descriptive Statistics for Age by Species and Sex

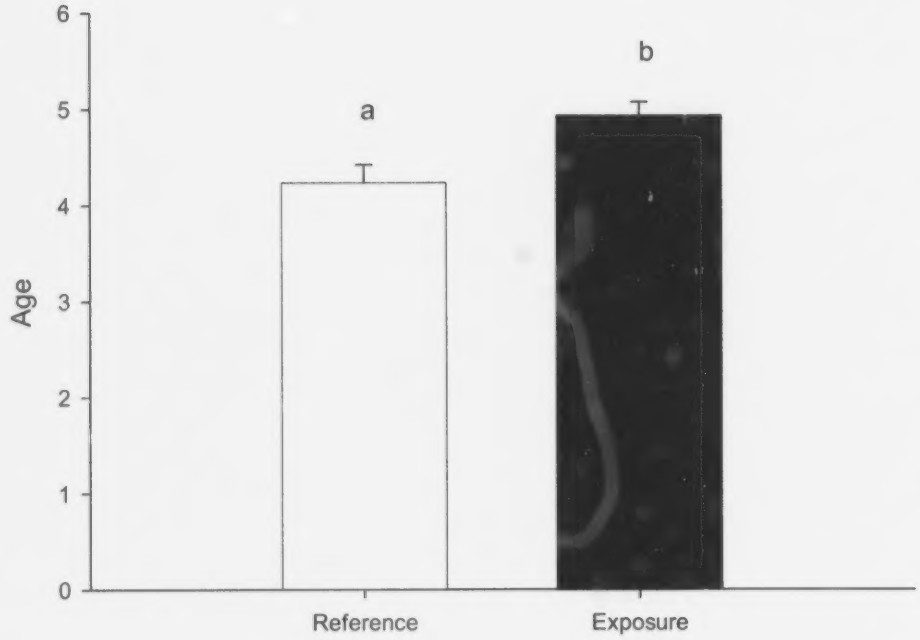


Figure 2: ppXXXX; Name; Location; Female *Cottus sp.* Age

Explanarory Note: *Bars with different letters are significantly different. The vertical bar is a mean and the horizontal variance bars represent the standard errors about the mean.*

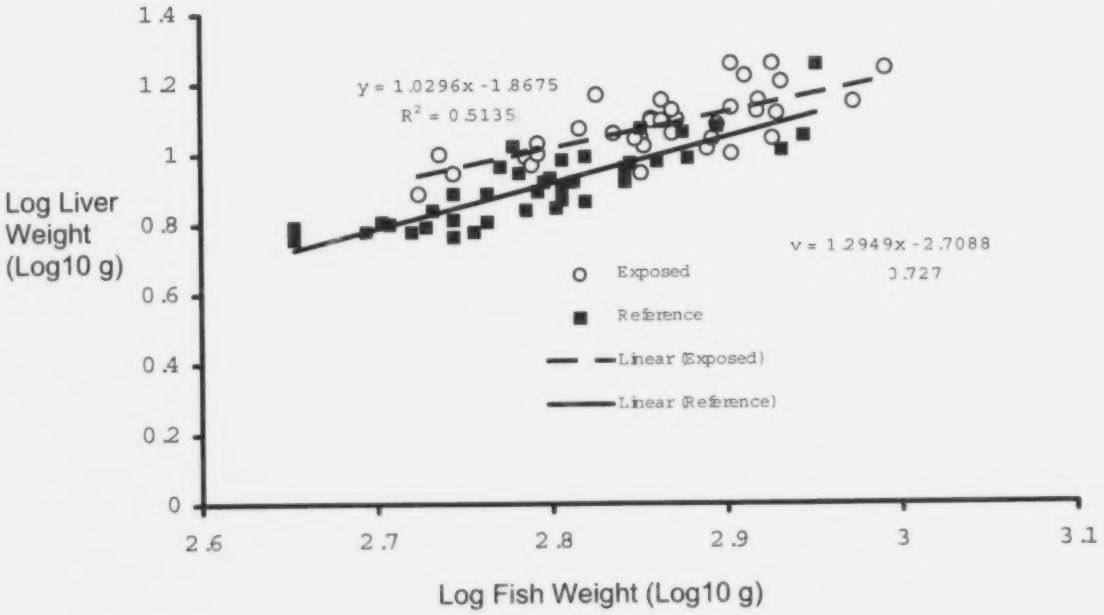
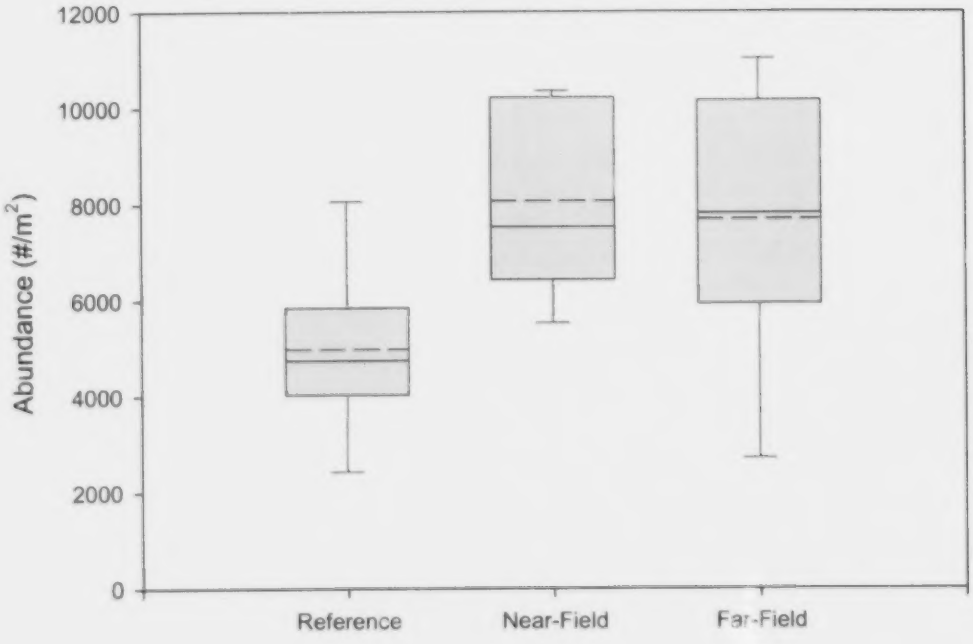


Figure 3: Liver Weight at Body Weight – Male *Catostomus* sp.

Examples : Control / Impact Design

Total Abundance Benthic Invertebrates
Site pp XXXX: Name; Location



Box Plot Range = 30th and 70th percentiles
Error Bar Range = 10th and 90th percentiles

- - - - - = Mean
——— = Median

Figure 4: Descriptive Statistics for Benthic Invertebrate Total Abundance

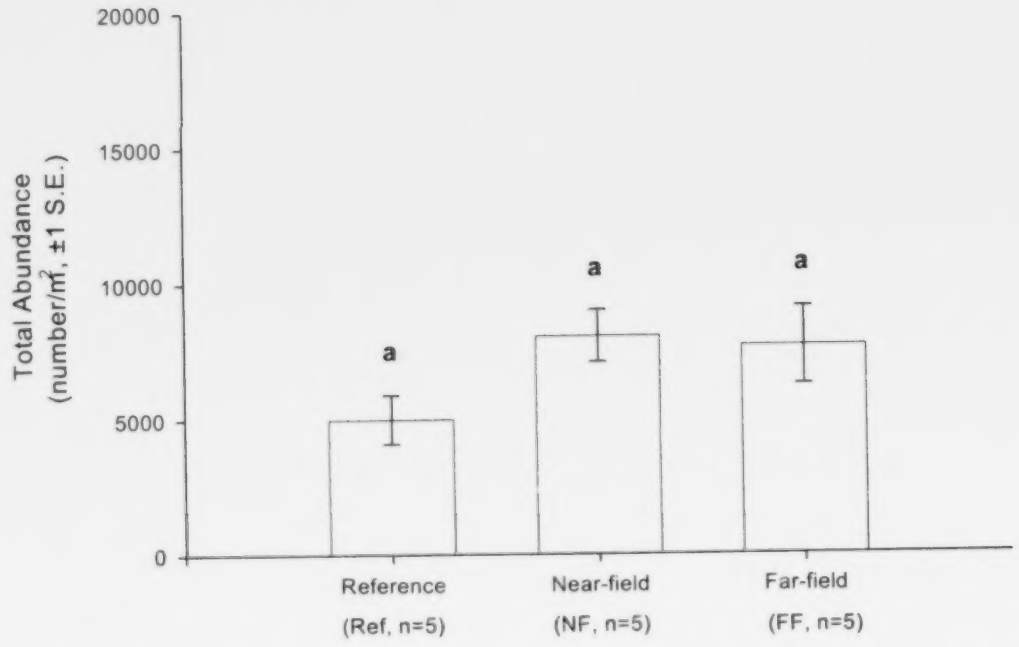


Figure 5: Benthic Invertebrate Total Abundance

Explanatory Note: *Bars with the same letters are not significantly different. Values reported are means and associated standard errors.*

Example : Simple Gradient Design

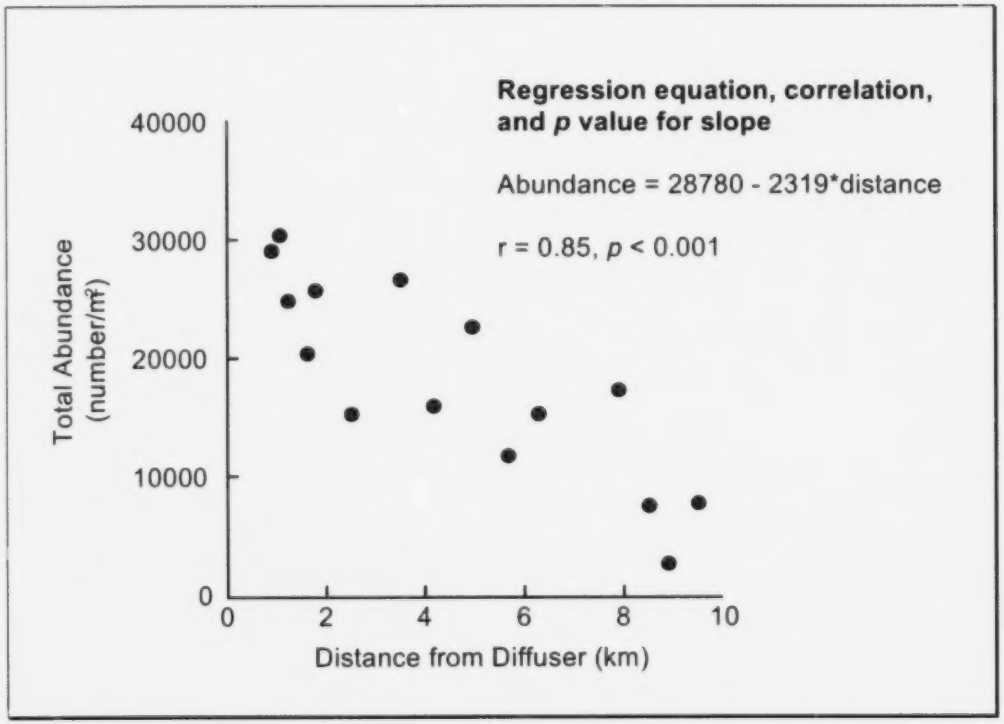


Figure 6: Descriptive Statistics for Benthic Invertebrate Total Abundance

Table 1: Descriptive Statistics for Age by Species and Sex

Site: PPXXXX; Name; Location

Female *Cottus sp.*--Descriptive Statistics--Age

Location	Mean	SD	SE	(n)	Max.	Min.
Reference	4.23	1.16	0.19	39	8.00	3.00
Exposure	4.93	0.93	0.14	46	6.00	3.00

Table 2: ANOVA Results for Age by Species and Sex

Site:pp XXXX; Name; Location

Female *Cottus sp.*—ANOVA Results-- Age

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*sig.@p <0.05*
Between Groups	0.072624	1	0.072624	11.25004	0.001202	✔
Within Groups	0.535802	83	0.006455			
Total	0.608426	84				

Table 3: ANCOVA Results for Liver Weight at Body Weight by Sex and by Species

Site ppXXXX: Name;
Location
ANCOVA Results: Liver Weight at Body Weight--Male
Catostomus sp.

		Log transformed		Slopes Different?	Log transformed	Means Different?	Antilog LSM			Magnitude difference		
Area	n	Slope	SD	R2	(p value)	sig.@p<0.05	LS Means	SD	(p value)	sig. @ p<0.05		Magnitude Difference
Ref	39	1.3	0.0547	0.727	-	-	0.95	0.0624	-	-	8.93	-
Exposure	38	1.03	0.0632	0.5135	0.212	8	1.04	0.0616	0.001	4	10.96	23%

Table 4: Fish Result Summary Table

Site: PPXXXX Name; Location: Fish Effect Summary							
Trophic Level	**Species**	**Sex**	**Response**	**Endpoint**	**Effect?**	**Direction**	**Magnitude**
Fish	Catostomus catostomus (Longnose sucker)	F	Survival	Age	NA		
			Energy Use	Weight-at-age	NA		
				Gonad size	✘		
			Energy Storage	Condition	✔	ref < exp	7%[2]
				Liver size	✔	ref < exp	21%[2]
	Catostomus catostomus (Longnose sucker)	M	Survival	Age	NA		
			Energy Use	Weight-at-age	NA		
				Gonad size	✘		
			Energy Storage	Condition	✔	ref < exp	6%[2]
				Liver size	✔	ref < exp	23%[2]
	Cottus ricei (Spoonhead sculpin)	F	Survival	Age	✔	ref < exp	8%[2]
			Energy Use	Weight-at-age	✔	ref < exp	52%[1]
				Gonad size	✔	ref < exp	57%[2]
			Energy Storage	Condition	✔	ref < exp	31%[1]
				Liver size	✔	ref < exp	62%[2]
	Cottus ricei (Spoonhead sculpin)	M	Survival	Age	✔	ref < exp	8%[2]
			Energy Use	Weight-at-age	✔	ref < exp	106%[1]
				Gonad size	✔	ref < exp	11%[2]
			Energy Storage	Condition	✔	ref < exp	18%[2]
				Liver size	✔	ref < exp	52%[2]

[1] Magnitude calculated by comparing the slopes between reference and exposed sites (if data was log transformed, magnitude is calculated on the slopes of the log transformed values). This is the case when an ANCOVA is done and the slopes are significantly different. (The equation is: [(exposed slope – reference slope)/reference slope] x 100).

[2] Magnitude calculated by comparing the adjusted Means between reference and exposed sites (if data was log transformed; magnitude is calculated on the antilog of the adjusted Means). In this case, the slopes are not significantly different and so the adjusted means can be compared directly. (The equation is: [(exposed adjusted mean – reference adjusted mean)/ reference adjusted mean] x 100).

Table 5: Descriptive Statistics for Total Benthic Invertebrate Abundance

Site: ppXXXX; Name; Location

Descriptive Statistics--Benthic Invertebrate Abundance

Location	Mean	SD	SE	(n)	Max.	Min.
Ref	4986.85	2011.21	899.44	5	8062.02	2442.73
NF	8062.73	2135.30	954.94	5	10360.31	5535.88
FF	7685.04	3205.63	1433.60	5	11027.65	2717.00

Table 6: ANOVA Results for Benthic Invertebrate Total Abundance

Site: ppX XXX; Name; Location

Results, Benthic Invertebrate Total Abundance

Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*sig. @ p <0.05*
Groups	2.81E+07	2	1.41E+07	2.236	0.15	X
Groups	7.55E+07	12	6.29E+06			
	1.04E+08	14				

Table 7: Descriptive Statistics Benthic Invertebrate Summary Table

Site:pp XXXX; Name; Location							
Effect Endpoint	Location	Mean	SD	SE	(n)	Max.	Min.
Taxa	Ref	19.60	1.52	0.68	5	21	18
	NF	21.20	1.48	0.66	5	23	19
	FF	20.00	1.87	0.84	5	23	18
Abundance	Ref	4986.8	2011.2	899.44	5	8062.0	2442.7
	NF	8062.7	2135.3	954.94	5	10360.	5535.8
	FF	7685.0	3205.6	1433.6	5	11027.	2717.0
Simpson's Evenness	Ref	0.77	0.03	0.014	5	0.82	0.75
	NF	0.81	0.03	0.015	5	0.86	0.78
	FF	0.67	0.04	0.017	5	0.71	0.63
Bray-Curtis	Ref	0.24	0.11	0.05	5	0.42	0.14
	NF	0.37	0.10	0.05	5	0.48	0.24
	FF	0.44	0.09	0.04	5	0.55	0.34

Table 8: Benthic Invertebrate Result Summary Table

Site: XXXX; Name; Location: Benthic Invertebrate Effect Summary				
Trophic Level	**Effect Endpoint**	**Effect?**	**Direction**	**Magnitude[2]**
Benthos	Abundance	✘		
	# Taxa	✘		
	Simpson's Evenness	✔ ✔	ref > FF NF > FF	13%[1] 17%[1]
	Bray-Curtis	✔	ref < FF	46%[1]

1 For a control impact design, magnitude is calculated as the [(exposure mean – reference mean)/reference mean] x 100
2 NOTE: For a gradient design, magnitude is the slope of the equation of the regression of the endpoint value regressed against distance from the effluent. In this case, mills should report the whole regression equation.

Table 9: Site Effects Summary Table

Site: XXXX; Name; Location: Site Effect Summary							
Trophic Level	**Species**	**Sex**	**Response**	**Endpoint**	**Effect?**	**Direction**	**Magnitude[4]**
Fish	Catostomus catostomus (Longnose sucker)	F	Survival	Age	NA		
			Energy Use	Weight-at-age	NA		
				Gonad size	8		
			Energy Storage	Condition	4	ref < exp	7%[2]
				Liver size	4	ref < exp	21%[2]
	Catostomus catostomus (Longnose sucker)	M	Survival	Age	NA		
			Energy Use	Weight-at-age	NA		
				Gonad size	8		
			Energy Storage	Condition	4	ref < exp	6%[2]
				Liver size	4	ref < exp	23%[2]
	Cottus ricei (Spoonhead sculpin)	F	Survival	Age	4	ref < exp	8%[2]
			Energy Use	Weight-at-age	4	ref < exp	52%[1]
				Gonad size	4	ref < exp	57%[2]
			Energy Storage	Condition	4	ref < exp	31%[1]
				Liver size	4	ref < exp	62[2]
	Cottus ricei (Spoonhead sculpin)	M	Survival	Age	4	ref < exp	8%[2]
			Energy Use	Weight-at-age	4	ref < exp	106%[1]
				Gonad size	4	ref < exp	11%[2]
			Energy Storage	Condition	4	ref < exp	18%[2]
				Liver size	4	ref < exp	52%[2]
Benthos	Abundance				8		
	# Taxa				8		
	Simpson's Evenness				4	ref > FF	13%[3]
					4	NF > FF	17%[3]
	Bray-Curtis				4	ref < FF	46%[3]

1 Magnitude calculated by comparing the slopes between reference and exposed sites (if data was log transformed, magnitude is calculated on the slopes of the log transformed values). This is the case when an ANCOVA is done and the slopes are significantly different. (The equation is: [(exposed slope – reference slope)/reference slope] x 100).

2 Magnitude calculated by comparing the adjusted Means between reference and exposed sites (if data was log transformed; magnitude is calculated on the antilog of the adjusted Means). In this case, the slopes are not significantly different and so the adjusted means can be compared directly. (The equation is: [(exposed adjusted mean – reference adjusted mean)/ reference adjusted mean] x 100).
3 For a control impact design, magnitude is calculated as the [(exposure mean – reference mean)/reference mean] x 100
4 NOTE: For a gradient design, magnitude is the slope of the equation of the regression of the endpoint value regressed against distance from the effluent. In this case, mills should report the whole regression equation.

Programme d'ESEE pour le secteur des pâtes et papiers
Recommandations pour le cycle 3 : rapport et directives

Préparé par le Bureau national de l'ESEE
Environnement Canada

Juin 2002

Programme d'ESEE pour le secteur des pâtes et papiers
Recommandations pour le cycle 3 : rapport et directives
Préparé par le Bureau national de l'ESEE, juin 2002

Le Programme d'ESEE repose sur une assise scientifique. Afin d'assurer qu'il reste ciblé et réalisable, les méthodes et les approches de surveillance scientifiques doivent être efficaces en terme de coûts, scientifiquement défendables et appropriées à l'environnement étudié. L'expérience acquise par le biais de sa mise en oeuvre (c.-à-d., achèvement des ESEE sur le terrain et analyse des données) permettra de l'améliorer constamment. Les projets de recherche externes menés pour répondre à des problèmes liés aux études de suivi contribuent en outre à la mise au point de nouvelles méthodes d'ESEE.

Les recommandations formulées dans le présent document reposent sur l'information la plus récente provenant de l'examen du programme et sont destinées à mettre à nouveau en relief les importantes recommandations des guides d'ESEE existants. Y est aussi incorporée l'information nouvelle issue de l'importante consultation multilatérale tenue au cours des dernières années en vue d'établir un programme d'ESEE pour le secteur des mines de métaux. Cette information est ici mise à la disposition des fabriques et leurs consultants pour les aider à améliorer davantage la conception des études et la cueillette de données scientifiquement défendables et interprétables. Bien que les informations ne font pas actuellement partie des exigences obligatoires en vertu du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers*, elles sont basées sur les meilleures connaissances scientifiques existantes. Elle constitue des normes généralement reconnues de bonnes pratiques scientifiques permettant de répondre aux exigences d'ESEE. On recommande encore fortement d'utiliser le Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers.

Bien que le Règlement actuel reste en vigueur pour le cycle 3, les recommandations ici présentées visent à préparer les fabriques pour les modifications réglementaires prochaines qui devraient entrer en vigueur pour le cycle 4. On encourage les fabriques à tirer parti des orientations pertinentes nouvelles et additionnelles présentées dans le guide pour les mines de métaux afin d'assurer que les données d'ESEE qu'elles recueillent continuent d'être de bonne qualité. De fait, bon nombre des références ici recommandées orientent les responsables d'ESEE vers le Guide pour le secteur des mines de métaux. Ces principes seront incorporés dans une mise à jour du Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers. Comme il sera en outre exigé dans le règlement modifié que toutes les fabriques fassent une évaluation des effets sous une forme ou une autre, celles-ci pourraient commencer à se servir des principes, telles que les méthodes alternatives, en préparation pour le cycle 4.

Suivi biologique

Études des poissons

1. **Mesures terminales** : Il faut établir les effets sur la croissance, la reproduction, la condition et la survie du poisson afin de pouvoir répondre à la question à savoir si l'effluent a perturbé la population de poissons particulière. On évalue ces paramètres d'après les données recueillies sur les variables suivantes : l'âge, la taille selon l'âge (poids corporel par rapport à l'âge); la taille relative des gonades (poids des gonades par rapport au poids corporel), la condition (poids corporel par rapport à la longueur) et la grosseur relative du foie (poids du foie par rapport au poids corporel). D'autres résultats des effets peuvent être quantifiés afin d'obtenir des données complémentaires sur la consommation et le stockage d'énergie. Pour un complément d'information, voir les sections 4.3.2.2 et 4.4 du chapitre l'étude des poissons (chapitre 4) et la section 9.2.1 du chapitre sur l'interprétation des données (chapitre 9) du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux.

Étude des communautés d'invertébrés benthiques

1. **Mesures terminales** : Dans le cas de la communauté des invertébrés benthiques, on recommande fortement de calculer, de transmettre et d'utiliser les mesures terminales suivantes pour l'évaluation des effets : la densité totale des invertébrés, la richesse spécifique, l'indice d'uniformité de répartition de Simpson ($E_{1/D}$)[1] et l'indice de dissimilitude de Bray-Curtis (changement dans la composition d'une communauté par rapport à des communautés de référence). L'indice de diversité de Simpson a traditionnellement été utilisé comme l'une des principales mesures terminales des effets en raison de son long usage et de sa capacité de révéler du même coup les changements dans la richesse et l'uniformité de répartition des espèces. Mais l'évaluation nationale des données d'ESEE pour le secteur des pâtes et papiers[2] a révélé que cette association richesse-uniformité peut aussi être une faiblesse car la mesure terminale de la diversité donne peu d'information additionnelle à celle révélée par la richesse spécifique. Par contre, on a démontré que l'indice d'uniformité de répartition de Simpson mesure des aspects importants de la structure des communautés indépendamment et en sus de l'information fournie par l'indice de richesse spécifique. Dans l'ensemble, l'évaluation nationale a révélé qu'il est plus utile d'indiquer l'indice d'uniformité de Simpson que l'indice de diversité de Simpson, en autant que la richesse spécifique est aussi signalée. On trouvera de l'information sur le calcul de l'indice d'uniformité de répartition de Simpson ($E_{1/D}$) dans Smith et Wilson (1996)[3].

---

[1] Smith, B. et J.B. Wilson, 1996. *A Consumer's Guide to Evenness Indices*. Oikos, vol. 76, p. 70-82.
[2] Environnement Canada, 2002. *National Assessment of the Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring Program*. Rapport préliminaire. Ottawa.
[3] Smith, B. et J.B. Wilson, 1996. *A Consumer's Guide to Evenness Indices*. Oikos, vol. 76, p. 70-82.

L'indice de diversité de Simpson, la densité des taxons, la proportion des taxons et la présence ou l'absence de taxons particuliers sont d'autres descripteurs des communautés qui peuvent servir à l'interprétation des données. Ces descripteurs de la communauté des invertébrés benthiques sont en grande partie des mesures sommaires choisies pour englober la gamme des effets qui peuvent être imputés aux effluents de fabriques de pâtes et papiers. Des directives détaillées et à jour pour le calcul et le compte rendu des descripteurs de la communauté des invertébrés benthiques sont présentées à la section 5.18 du chapitre sur les invertébrés benthiques (chapitre 5) et la section 9.2.3 du chapitre sur l'évaluation et l'interprétation des données (chapitre 9) du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux.

2. **Tri et sous-échantillonnage des échantillons en laboratoire :** Un examen des protocoles de traitement des échantillons et des questions d'AQ/CQ pour le cycle 2 a été fait et les directives pour le tri et le sous-échantillonnage des échantillons en laboratoire ont été révisées. Le nouveau guide (en anglais seulement) est disponible par l'entremise du Bureau national de l'ESEE, qui invite les intervenants à lui faire part de leurs commentaires. En résumé, on doit présenter des détails sur la méthode de sous-échantillonnage utilisée, y compris l'efficacité du tri et l'erreur de sous-échantillonnage (facteurs d'exactitude, de précision et de correction). Des critères d'AQ et de CQ sont proposés et des méthodes détaillées fournies. Le présent document ajoute un niveau de détail aux directives en vigueur, en particulier à la section 6.2.2 du Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers et la section 5.22 du chapitre sur les invertébrés benthiques (chapitre 5) du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux.

3. **Plan d'échantillonnage selon un gradient et analyse statistique** : On utilise souvent un plan d'échantillonnage selon un gradient lorsque aucune zone de référence adéquate n'est disponible en amont ou dans des baies ou bassins versants voisins. Ce plan est utile aussi pour déterminer la distance à laquelle le trajet ou les effets des effluents sont observés. En plus de faire une analyse de puissance pour établir le nombre d'échantillons requis, on recommande d'échantillonner au moins 15 stations, en mettant l'accent sur la collecte d'échantillons répétés aux deux extrémités du gradient. On devrait aussi s'assurer d'étendre le gradient suffisamment loin de la fabrique (autant que possible) afin de pouvoir échantillonner des stations aussi peu touchées que possible (qui serviront de stations de « référence » approximatives). D'autres directives à jour sur les plans d'échantillonnage selon un gradient ou un gradient radial sont présentées à la section 5.6 du chapitre sur les invertébrés benthiques (chapitre 5). Pour des détails sur les méthodes d'analyse statistique appropriées, voir la section 9.2.3 du chapitre sur l'évaluation des données (chapitre 9) du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux.

Méthodes alternatives de suivi pour les poissons et le benthos

1. Dans les situations où une étude classique des poissons ou des invertébrés benthiques ne peut pas être effectuée, ne donnera que peu d'information utile ou ne sera pas efficace en termes de coûts, on encourage les fabriques à utiliser des méthodes alternatives, comme les mésocosmes, des bivalves en cage (pour les relevés du poisson seulement) ou une méthode appropriée approuvée par l'agent d'authorisation (ou le coordonnateur régional). Des conditions d'échantillonnage dangereuses ou la présence de facteurs confondants ne permettant pas de mesurer l'effet des effluents sur le poisson sont des exemples de telles situations. Ces méthodes alternatives sont présentées à la section 4.3.2.4 du chapitre sur l'étude des poisson (chapitre 4) et la section 5.7 du chapitre sur l'étude des communautés d'invertébrés benthiques (chapitre 5) et sont décrites au chapitre 12 du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux.

Mesures des variables environnementales d'appui

1. **Nutriments** : Une récente analyse nationale détaillée des données d'ESEE des fabriques de pâtes et papiers recueillies dans le cadre du cycle 2 (ébauche en préparation) a révélé qu'un enrichissement en éléments nutritifs se produit à l'emplacement de certaines fabriques. Afin de pouvoir continuer à recueillir de l'information interprétable et cohérente à l'échelle nationale au sujet des nutriments et de leurs impacts potentiels sur le milieu aquatique, on recommande de prélever des échantillons d'eau douce dans toutes les zones d'échantillonnage du poisson et du benthos et des échantillons de sédiments dans toutes les zones d'échantillonnage du benthos en eau douce où les sédiments sont mous. Les variables suivantes devraient être mesurées dans le cadre du suivi de la qualité de l'eau douce :
    - phosphore : phosphore total (PT) et
        (1) phosphore réactif soluble (PRS) et/ou
        (2) phosphore total dissous (PTD);
    - azote : azote total (AT) et
        (1) nitrites et nitrates NO_2-NO_3 et ammoniaque NH_4, et/ou
        (2) azote total Kjeldahl (ATK);
    - carbone : carbone organique dissous (COD) et carbone organique total (COT).

À tout le moins, il est fortement recommandé de mesurer le PT, l'AT, le COD et le COT. Ces recommandations puisent leur fondement dans le Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers et les règlements (annexe 1 au ESEE/1997/1). D'autres renseignements sur l'échantillonnage sont présentés aux chapitres 6 et 7 du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux. Certaines variables, qu'il était recommandé de mesurer en fonction des caractéristiques propres au site, sont maintenant recommandées d'être

mesurées à chaque site. Cette modification est le résultat de l'évaluation nationale des ESEE.

Évaluation des données et rapports d'interprétation

1. **Représentation graphique et tabulaire des données** : Les diagrammes de dispersion des données issues des études du poisson et des invertébrés benthiques inclus dans le rapport d'interprétation aident à identifier les valeurs aberrantes et les autres données anormales. Par exemple, à l'analyse des résultats des effets sur la reproduction du poisson, ces diagrammes permettent d'identifier les poissons potentiellement « immatures » qui pourraient avoir une incidence sur les résultats. Un exemple du type de diagramme de dispersion recommandé est présenté à l'annexe A (figure 3, grosseur relative du foie). Ce genre de présentation graphique des données, en plus des statistiques sommaires (voir ci-dessous) et d'information sur les zones/stations d'échantillonnage serviront à analyser les tendances dans l'amélioration ou la dégradation du milieu aquatique à l'étude. D'autres directives sont présentées à la section 4.22.5 du chapitre sur l'étude des poissons (chapitre 4), la section 5.16.1.2 du chapitre sur l'étude des invertébrés benthiques (chapitre 5) et diverses sections du chapitre sur l'évaluation des données du Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers (et le chapitre 9 du Guide pour l'ESEE pour le secteur des mines de métaux). L'annexe A inclut aussi un diagramme (figure A) indiquant les diverses étapes de l'analyse des données sur les résultats des effets sur le poisson et les invertébrés benthiques, ainsi que quelques exemples de présentation graphique et tabulaire des données statistiques pour chaque résultat et pour les résumés (figures 1 à 5 et tableaux 1 à 9).

2. **Statistiques sommaires** : Le calcul des statistiques sommaires pour les études de poisson et du benthos devrait reposer sur les données recueillies. Ces statistiques incluent la moyenne arithmétique, la médiane, l'écart-type, l'erreur-type et les valeurs minimum et maximum. Des exemples de statistiques sommaires sont présentés à l'annexe A (tableaux 1 à 9). Le nouveau *REMM* exige la plupart de ces calculs, qui seront éventuellement ajoutés aux exigences du *REFPP*.

a) Calculer la puissance statistique des études de poisson et des invertébrés benthiques afin d'établir si l'efficacité attendue pour ce qui est d'identifier l'ampleur prédéterminée des effets a été atteinte. Utiliser le résultat de ces calculs pour formuler des recommandations au sujet du nombre d'échantillons requis pour l'étude de suivi suivante.

b) On encourage les responsables d'attribuer à *alpha* et *bêta* des valeurs égales et de 0,10 ou moins, afin de réduire la probabilité d'omettre des effets importants (faible valeur de *bêta*), tout en maintenant à un niveau faible la

probabilité de trouver des différences significatives lorsque les effets sont mineurs (faible valeur d'*alpha*). Dans la plupart des cas, la fixation de la valeur d'*alpha* et de *bêta* à 0,10 donnera un nombre d'échantillons semblable à celui du cycle 2. La valeur de ces deux indicateurs peut toutefois être réduite à 0,05 (soit la valeur traditionnelle d'*alpha*) si le nombre d'échantillons est ajusté en conséquence, comme l'indiquera l'analyse de la puissance. À nouveau, ces recommandations visent à assurer que les études sont conçues de sorte à avoir une probabilité raisonnablement élevée de détecter au plan statistique une ampleur préétablie de l'effet étudié, s'il s'est produit, c.-à-d. que la puissance du test (1-*bêta*) devrait être élevée.

Des directives détaillées sur l'analyse de la puissance statistique sont présentées à la section 5.11 du chapitre sur les invertébrés benthiques (chapitre 5), la section 4.3.2.2.3 du chapitre sur l'étude des poissons (chapitre 4) et la section 9.3 du chapitre sur l'évaluation des données du Guide technique pour le secteur des pâtes et papiers.

3. Inclure un résumé des observations qualitatives sur l'amélioration ou la dégradation de l'habitat depuis le dernier cycle et indiquer tout changement au plan des zones échantillonnées, des espèces étudiées, des méthodes utilisées, etc.

4. Indiquer l'emplacement des zones d'échantillonnage du poisson et du benthos selon la latitude et la longitude, mesurées à l'aide du DGPS et, dans le cas du benthos, indiquer aussi l'emplacement des stations d'échantillonnage.

5. Inclure une estimation de la dilution des effluents et de la distance du point de rejet pour chaque zone et station d'échantillonnage. Indiquer la distance entre le centre de la zone d'échantillonnage et le point de rejet des effluents. Dans le cas du benthos, faire cette estimation pour chaque station d'échantillonnage indépendamment du plan d'étude utilisé.

6. Inclure l'information utilisée pour l'analyse des données, y compris les résultats des analyses de la variance, de la covariance et de régression, une description des variables confondantes et les méthodes utilisées pour la sélection et la transformation des données.

ANNEXE A

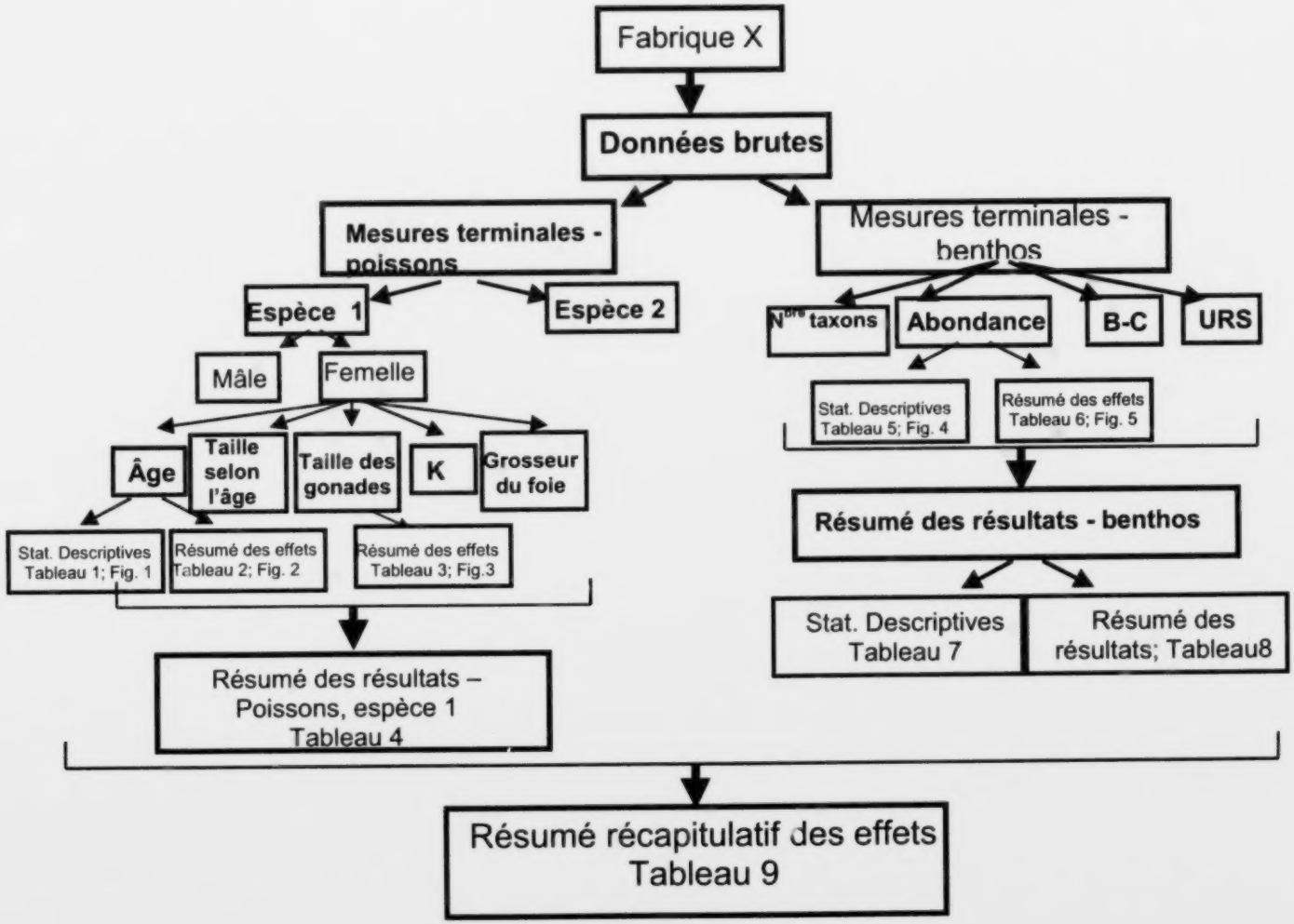
Liste et explication des figures :

Figure A – Diagramme de cheminement des décisions relatives aux divers traitements des données sur les résultats des effets sur le poisson et le benthos et des liens entre ces résultats et les exemples de tableaux et de graphiques présentés à l'annexe.

Figure 1 – Tracés en boîte des statistiques sur l'âge du poisson selon l'espèce et le sexe
Figure 2 – Résumé des effets sur l'âge moyen du poisson prélevé dans les zones de référence et les zones d'exposition, et erreur-type
Figure 3 – Régression linéaire du poids du foie du poisson par rapport au poids corporel comme exemple de résumé des effets sur le poids du foie ou la taille des gonades
Figure 4 – Statistiques descriptives de l'abondance totale des invertébrés benthiques établies d'après un plan d'échantillonnage contrôle/impact
Figure 5 – Résumé des effets sur l'abondance totale des invertébrés benthiques établis d'après un plan d'échantillonnage contrôle/impact
Figure 6 – Statistiques descriptives de l'abondance totale des invertébrés benthiques provenant d'un plan d'échantillonnage selon un gradient simple

Liste des tableaux :

Tableau 1 – Statistiques descriptives de l'âge du poisson selon l'espèce et le sexe
Tableau 2 – Résumé des effets d'après les résultats de l'analyse de la variance de l'âge du poisson selon l'espèce et le sexe
Tableau 3 – Résumé des effets d'après les résultats d'une analyse de covariance du poids du foie par rapport au poids corporel selon l'espèce et le sexe
Tableau 4 – Tableau récapitulatif des résultats pour le poisson
Tableau 5 – Statistiques descriptives de l'abondance totale des invertébrés benthiques
Tableau 6 – Statistiques descriptives reposant sur les résultats d'une analyse de la variance de l'abondance totale des invertébrés benthiques
Tableau 7 – Résumé de toutes les statistiques descriptives des invertébrés benthiques
Tableau 8 – Tableau récapitulatif de tous les résultats pour les invertébrés benthiques
Tableau 9 – Résumé récapitulatif des effets sur le site


Fabrique X
Données brutes
Mesures terminales - poissons
Espèce 1
Espèce 2
Mâle
Femelle
Âge
Taille selon l'âge
Taille des gonades
K
Grosseur du foie
Stat. Descriptives Tableau 1; Fig. 1
Résumé des effets Tableau 2; Fig. 2
Résumé des effets Tableau 3; Fig.3
Résumé des résultats – Poissons, espèce 1 Tableau 4
Mesures terminales - benthos
Nbre taxons
Abondance
B-C
URS
Stat. Descriptives Tableau 5; Fig. 4
Résumé des effets Tableau 6; Fig. 5
Résumé des résultats - benthos
Stat. Descriptives Tableau 7
Résumé des résultats; Tableau8
Résumé récapitulatif des effets Tableau 9

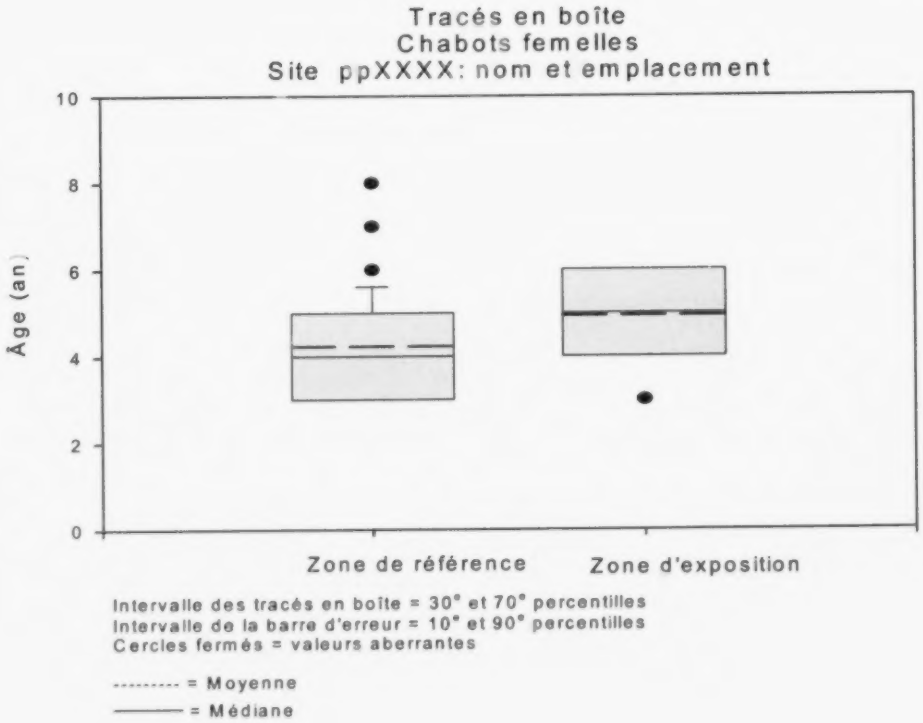


Figure 1 : Statistiques sur l'âge selon l'espèce et le sexe

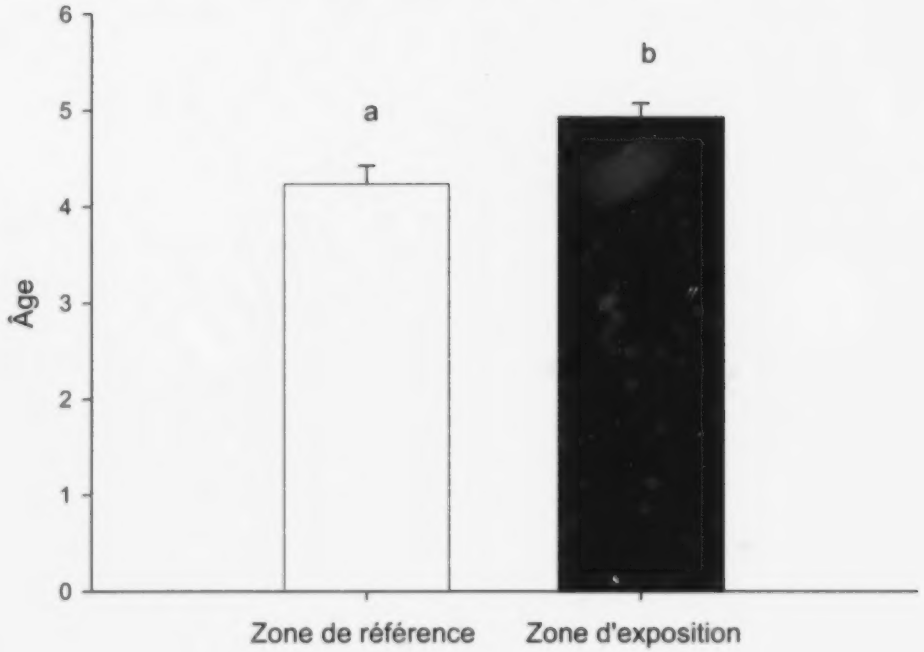


Figure 2 : ppXXXX; Nom; Emplacement; âge des chabots femelles

***Note explicative** : La différence entre les bâtons identifiés par des lettres différentes est significative. La barre verticale indique la moyenne et les barres de variance horizontales, les erreurs-types autour de la moyenne.*

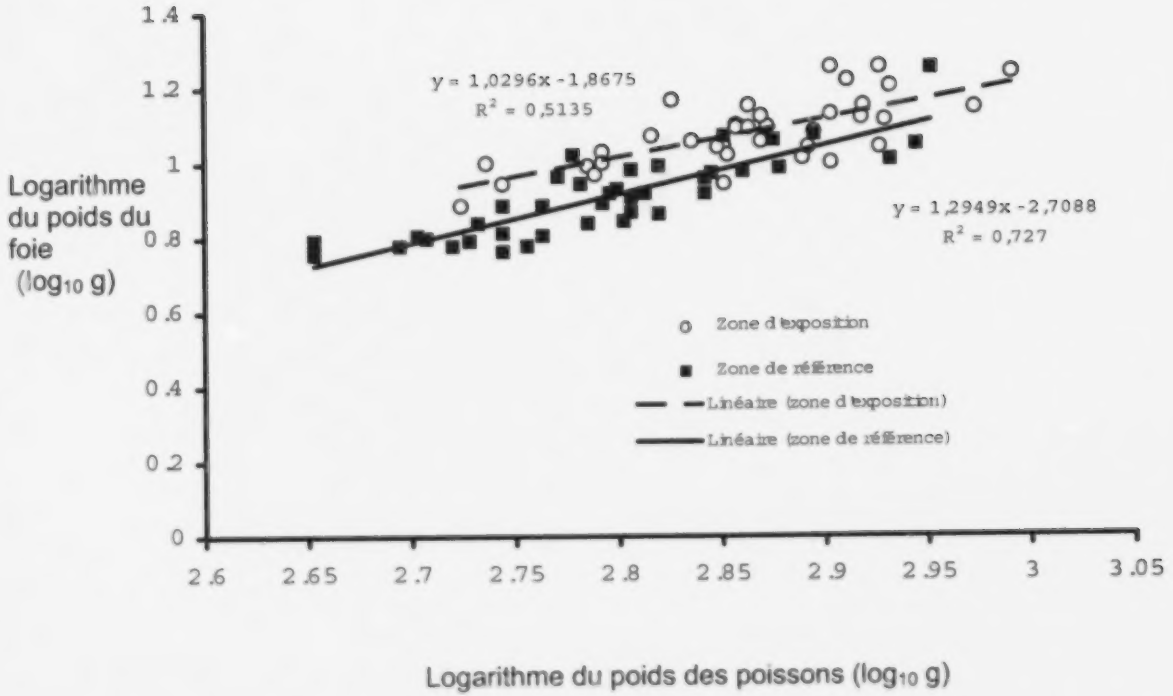


Figure 3. Poids du foie des meuniers mâles par rapport à leur poids corporel

Exemple : Plan d'échantillonnage contrôle/impact

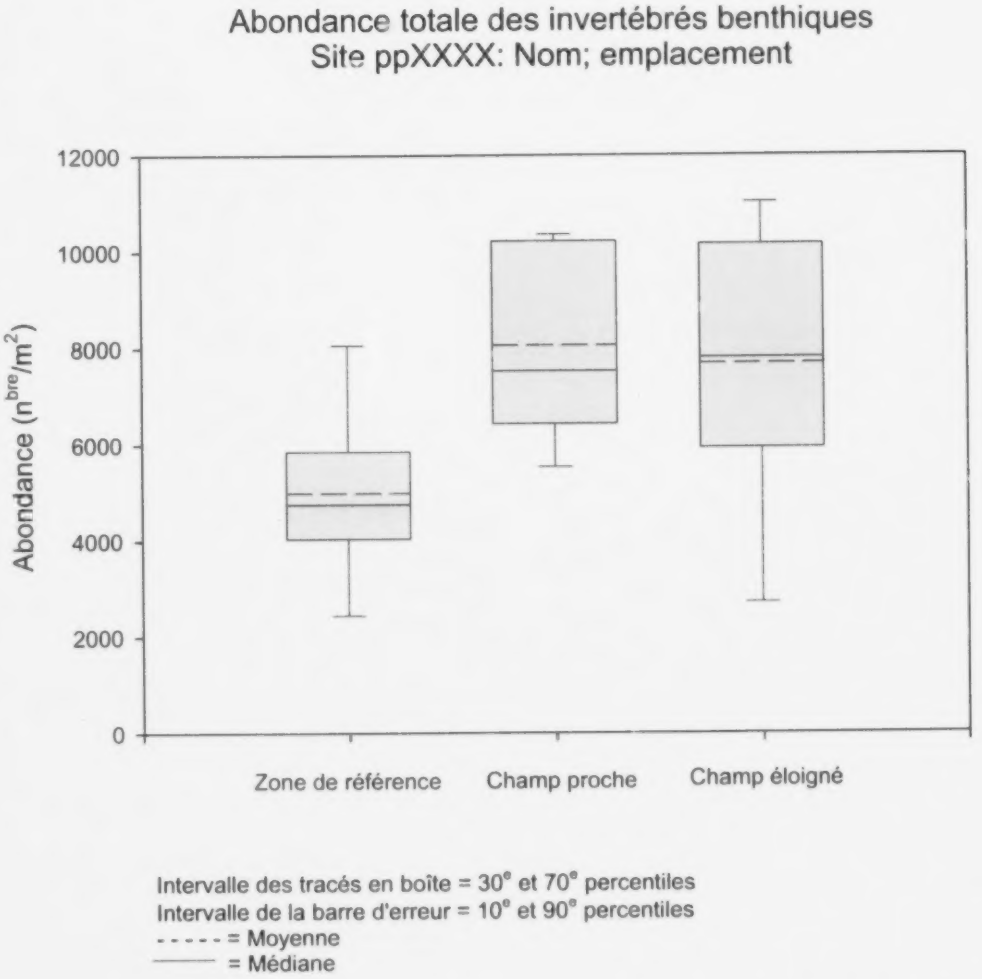


Figure 4. Statistiques descriptives de l'abondance totale des invertébrés benthiques

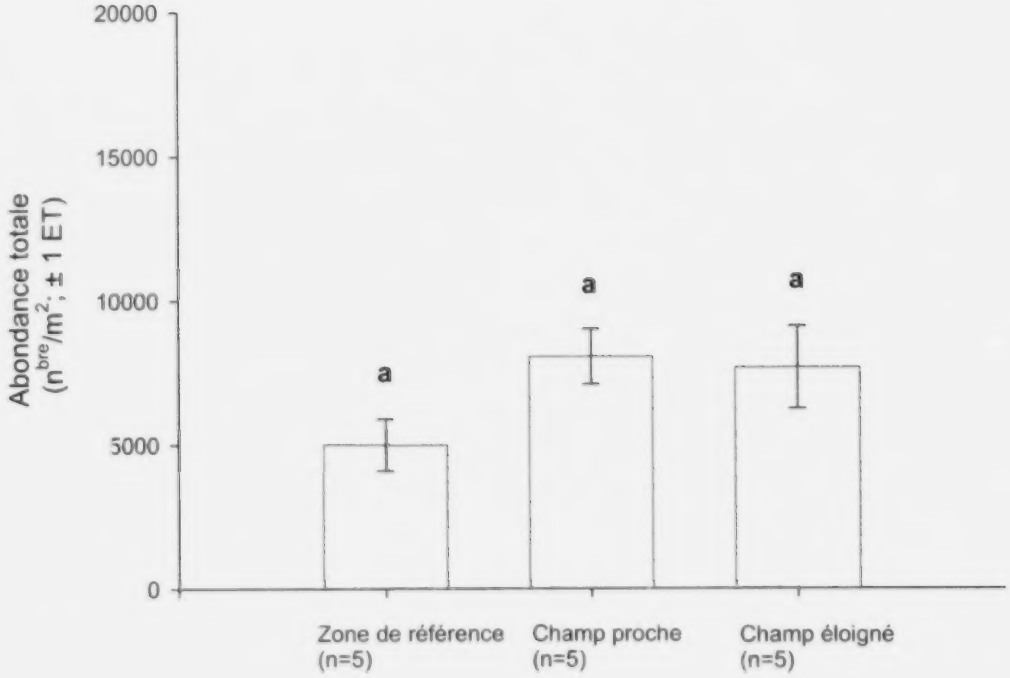


Figure 5. Abondance totale des invertébrés benthiques

***Note explicative** : Les bâtons identifiés par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents. Les valeurs signalées sont les moyennes et les erreurs-types correspondantes.*

Exemple : Modèle du gradient simple

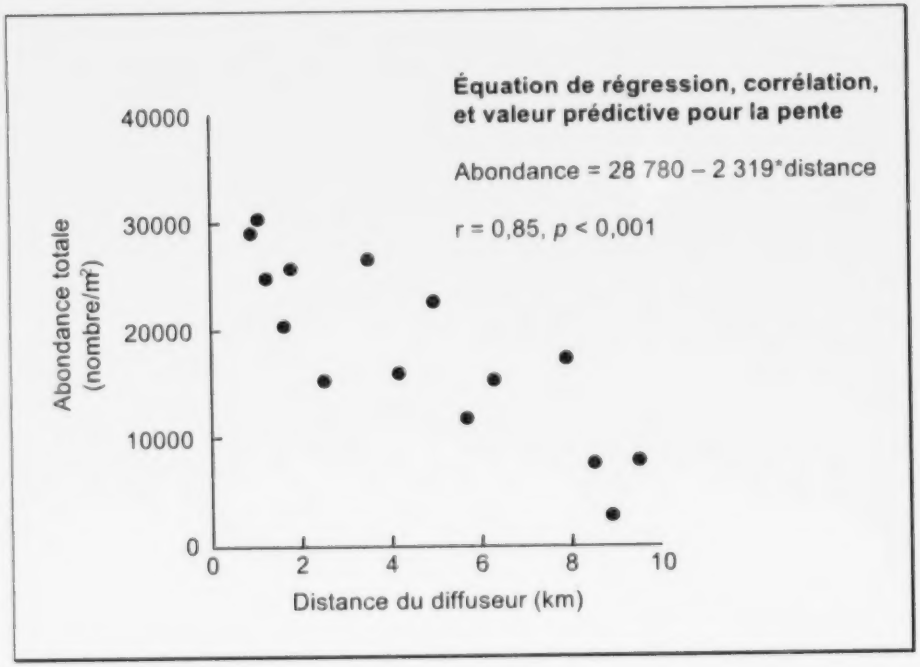


Figure 6. Statistiques descriptives de l'abondance totale des invertébrés benthiques

Tableau 1. Statistiques descriptives de l'âge selon l'espèce et le sexe

Fabrique : nom et emplacement

Statistiques descriptives de l'âge des chabots femelles

Zone	Moy.	É.-T.	E.-T.	(n)	Max.	Min.
de réf.	4,23	1,16	0,19	39	8,00	3,00
exp.	4,93	0,93	0,14	46	6,00	3,00

Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance de l'âge selon l'espèce et le sexe

Fabrique : nom et emplacement

Résultats de l'analyse de la variance de l'âge des chabots femelles

Variation	*SS*	*nu*	*CM*	*F*	*Valeur de p*	*sigma @ p < 0,05*
Interclasse	0,072624	1	0,072624	11,25004	0,001202	✔
Intraclasse	0,535802	83	0,006455			
Totale	0,608426	84				

Tableau 3. Résultats de l'analyse de covariance du poids du foie par rapport au poids corporel selon le sexe et l'espèce

Fabrique : nom et emplacement
Résultats de l'analyse de covariance : poids du foie des meuniers mâles par rapport à leur poids corporel

		Logarithmes		Pentes différentes?	Logarithmes	Moyennes différentes?	Antilog MMC			Différence de l'ampleur		
Zone	n	Pente	É.-T.	R^2	(valeur de p)	sigma @ $p < 0,05$	MMC	É.-T.	(valeur de p)	sigma @ $p < 0,05$		Différence de l'ampleur
de réf.	39	1,3	0,0547	0,727	-	-	0,95	0,0624	-	-	8,93	-
d'exp.	38	1,03	0,0632	0,5135	0,212	8	1,04	0,0616	0,001	4	10,96	23 %

Tableau 4. Tableau récapitulatif des résultats pour le poisson

Fabrique : nom et emplacement - résumé des effets sur le poisson							
Niveau trophique	**Espèce**	**Sexe**	**Réaction**	**Variable**	**Effet?**	**Observation**	**Ampleur**
Poisson	*Catostomus catostomus* (meunier rouge)	F	survie	âge	s/o		
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	s/o		
				taille des gonades	✘		
			stockage d'énergie	condition	✔	réf. < exp.	7 %[2]
				grosseur du foie	✔	réf. < exp.	21 %[2]
	Catostomus catostomus (meunier rouge)	M	survie	âge	s/o		
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	s/o		
				taille des gonades	✘		
			stockage d'énergie	condition	✔	réf. < exp.	6 %[2]
				grosseur du foie	✔	réf. < exp.	23 %[2]
	Cottus ricei (chabot à tête plate)	F	survie	âge	✔	réf.< exp.	8 %[2]
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	✔	réf. < exp.	52 %[1]
				taille des gonades	✔	réf. < exp.	57 %[2]
			stockage d'énergie	condition	✔	réf. < exp.	31 %[1]
				grosseur du foie	✔	réf. < exp.	62 %[2]
	Cottus ricei (chabot à tête plate)	M	survie	âge	✔	réf. < exp.	8 %[2]
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	✔	réf < exp.	106 %[1]
				taille des gonades	✔	réf. < exp.	11 %[2]
			stockage d'énergie	condition	✔	réf. < exp.	18 %[2]
				grosseur du foie	✔	réf. < exp.	52 %[2]

[1] L'ampleur a été établie par comparaison des pentes de la zone de référence et de la zone d'exposition (si les données sont transformées en logarithmes,

l'ampleur est déterminée d'après les pentes des valeurs transformées). Cela est le cas lorsqu'une analyse de covariance révèle que les pentes sont significativement différentes. (L'équation est la suivante :
[(pente de la zone d'exposition – pente de la zone de référence)/pente de la zone de référence] x 100).

[2] L'ampleur a été établie par comparaison des moyennes ajustées pour la zone de référence et la zone exposée (si les données sont transformées en logarithmes, l'ampleur est établie d'après les antilogarithmes des moyennes ajustées). Dans le présent cas, les pentes ne sont pas significativement différentes de sorte que les moyennes ajustées peuvent être comparées. (L'équation est la suivante :
[(moyenne ajustée pour la zone d'exposition - moyenne ajustée pour la zone de référence)/moyenne ajustée pour la zone de référence] x 100).

Tableau 5. Statistiques descriptives de l'abondance totale d'invertébrés benthiques

Fabrique : nom et emplacement

Statistiques descriptives de l'abondance d'invertébrés benthiques

Zone	Moyenne	É.-T.	E.-T.	(n)	Max.	Min.
de réf.	4 986,85	2 011,21	899,44	5	8 062,02	2 442,73
CP	8 062,73	2 135,30	954,94	5	10 360,31	5 535,88
CL	7 685,04	3 205,63	1 433,60	5	11 027,65	2 717,00

Tableau 6. Résultats de l'analyse de la variance de l'abondance totale d'invertébrés benthiques

Fabrique : nom et emplacement

Résultats - abondance totale d'invertébrés benthiques

Source de variation	*SS*	*nu*	*Carré moyen*	*F*	*Valeur de p*	*sigma @ p < 0,05*
intraclasse	2,81 E + 07	2	1,41E + 07	2,236	0,15	X
interclasse	7,55 E + 07	12	6,29E + 06			
	1,04 E + 08	14				

Tableau 7. Tableau récapitulatif des statistiques descriptives des invertébrés benthiques

Fabrique : nom et emplacement							
Résultat des effets	Zone	Moy.	É.-T.	E.-T.	(n)	Max.	Min.
N^{bre} taxons	réf.	19,60	1,52	0,68	5	21	18
	CP	21,20	1,48	0,66	5	23	19
	CL	20,00	1,87	0,84	5	23	18
Abondance	réf.	4 986,85	2 011,21	899,44	5	8 062,02	2 442,73
	CP	8 062,73	2 135,30	954,94	5	10 360,31	5 535,88
	CL	7 685,04	3 205,63	1 433,60	5	11 027,65	2 717,00
Uniformité/Simpson	réf.	0,77	0,03	0,014	5	0,82	0,75
	CP	0,81	0,03	0,015	5	0,86	0,78
	CL	0,67	0,04	0,017	5	0,71	0,63
Bray-Curtis	réf.	0,24	0,11	0,05	5	0,42	0,14
	CP	0,37	0,10	0,05	5	0,48	0,24
	CL	0,44	0,09	0,04	5	0,55	0,34

Tableau 8. Tableau récapitulatif des effets sur les invertébrés benthiques

Fabrique : nom et emplacement – résumé des effets sur les invertébrés benthiques				
Niveau trophique	**Résultat des effets**	**Effet?**	**Observation**	**Ampleur[2]**
Benthos	Abondance	✘		
	N^{bre} taxons	✘		
	Uniformité de répartition/Simpson	✔ ✔	réf. > CL CP > CL	13%[1] 17%[1]
	Bray-Curtis	✔	réf. < CL	46%[1]

Tableau 9. Tableau récapitulatif des effets sur le site

Fabrique : nom et emplacement – résumé des effets							
Niveau trophique	**Espèce**	**Sexe**	**Réaction**	**Mesure terminale**	**Effet?**	**Observation**	**Ampleur[4]**
Poisson	*Catostomus catostomus* (meunier rouge)	F	survie	âge	s/o		
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	s/o		
				taille des gonades	8		
			stockage d'énergie	condition	4	réf. < exp.	7%[2]
				grosseur du foie	4	réf. < exp.	21%[2]
	Catostomus catostomus (meunier rouge)	M	survie	âge	s/o		
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	s/o		
				taille des gonades	8		
			stockage d'énergie	condition	4	réf. < exp.	6%[2]
				grosseur du foie	4	réf. < exp.	23%[2]
	Cottus ricei (chabot à tête plate)	F	survie	âge	4	réf. < exp.	8%[2]
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	4	réf. < exp.	52%[1]
				taille des gonades	4	réf. < exp.	57%[2]
			stockage d'énergie	condition	4	réf. < exp.	31%[1]
				grosseur du foie	4	réf. < exp.	62[2]
	Cottus ricei (chabot à tête plate)	M	survie	âge	4	réf. < exp.	8%[2]
			consommation d'énergie	poids selon l'âge	4	réf. < exp.	106%[1]
				taille des gonades	4	réf. < exp.	11%[2]
			stockage d'énergie	condition	4	réf. < exp.	18%[2]
				grosseur du foie	4	réf. < exp.	52%[2]
Benthos	Abondance				8	réf. < exp.	
	N[bre] taxons				8		
	Uniformité de répartition/Simpson				4 4	réf. > CL CP > CL	13%[3] 17%[3]
	Bray-Curtis				4	réf. < exp.	46%[3]

[1] L'ampleur a été établie par comparaison des pentes de la zone de référence et de la zone d'exposition (si les données sont transformées en logarithmes, l'ampleur est déterminée d'après les pentes des valeurs transformées). Cela est le cas lorsqu'une analyse de covariance révèle que les pentes sont significativement différentes. (L'équation est la suivante :

[(pente de la zone d'exposition – pente de la zone de référence)/pente de la zone de référence] x 100).

[2] L'ampleur a été établie par comparaison des moyennes ajustées pour la zone de référence et la zone exposée (si les données sont transformées en logarithmes, l'ampleur est établie d'après les antilogarithmes des moyennes ajustées). Dans le présent cas, les pentes ne sont pas significativement différentes de sorte que les moyennes ajustées peuvent être comparées. (L'équation est la suivante :

[(moyenne ajustée pour la zone d'exposition - moyenne ajustée pour la zone de référence)/moyenne ajustée pour la zone de référence] x 100).

[3] Pour un plan d'échantillonnage contrôle/impact, l'ampleur est établie d'après la formule suivante :

[(moyenne pour la zone d'exposition – moyenne pour la zone de référence)/moyenne pour la zone de référence] x 100).

[4] NOTE : Dans le cas du plan d'échantillonnage selon le gradient, l'ampleur est égale à la pente de la courbe de régression de la valeur du résultat de l'effet en la distance du point de rejet de l'effluent. Dans le présent cas, on devrait indiquer toute l'équation de régression.